

Sifat Fisik Dan Mekanik Bambu Sebagai Bahan Konstruksi

*)*Fransiskus Xaverius Ndale*¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Flores Ende

*)Correspondent e-mail : milanonet66@gmail.com

ABSTRAK

Paper ini akan menyajikan hasil eksperimental tentang sifat fisik Bambu yang akan digunakan sebagai bahan konstruksi. Bambu adalah rumput berkayu berbentuk pohon atau perdu. Bambu termasuk ordo *Gramineae*, familia *Bambuseae*. Berat jenis dan kerapatan bambu menentukan sifat fisika dan mekanikanya. Berat jenis bambu berkisar antara 0,5 – 0,9 gr/cm³. Bambu mempunyai perbandingan kekuatan dan berat yang sangat tinggi sehingga efisien dan efektif untuk digunakan sebagai bahan bangunan. Kandungan air pada bambu akan berpengaruh pada kekuatan bambu. Kembang susut bambu perlu diperhatikan agar struktur bangunan bambu tidak mengalami perubahan bentuk dan penurunan kualitas akibat adanya penyusutan. Adanya perubahan bentuk ini tentunya akan mengurangi nilai fungsi dari sebuah struktur bangunan. Bambu mempunyai kuat tarik 1180 - 2750 kg/cm², kuat tekan 499 – 588 kg/cm² dan kuat lentur 785 – 1960 kg/cm². Kekuatan pada bambu juga dipengaruhi oleh posisinya, bagian terkuat dari bambu adalah kulit. Kekuatan kulit ini sangat jauh lebih tinggi daripada kekuatan bambu bagian dalam. Sedangkan kuat tekan bambu semakin meningkat sesuai dengan umur bambu tersebut. Modulus elastisitas (*E*) bambu berkisar antara 98.070 – 294.200 kg/cm², tetapi untuk perancangan dipakai *E* sebesar 294.200 kg/cm². Kuat geser bambu sangat rendah, maka dari itu perancangan bambu sebagai struktur sebagai batang tunggal lebih efektif bila dibandingkan batang ganda.

Kata Kunci: Sifat fisika bambu, Sifat mekanik bambu, Bahan konstruksi

PENDAHULUAN

Bambu juga mempunyai sejarah yang panjang dalam penggunaannya sebagai material konstruksi. Terutama bagi masyarakat di daerah tropis dan sub-tropis dimana bambu dapat tumbuh dengan subur. Bambu tergolong keluarga *Gramineae* (rumput-rumputan) disebut juga *Giant Grass* (rumput raksasa), berumpun dan terdiri dari sejumlah batang (buluh) yang tumbuh secara bertahap, dari mulai rebung, batang muda dan sudah dewasa pada umur 4-5 tahun.

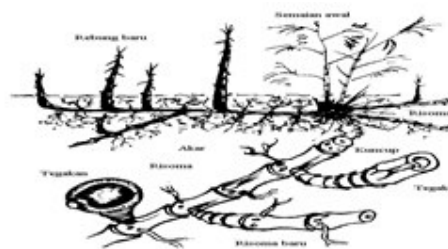
Tanaman bambu mempunyai sistem perakaran serabut dengan akar rimpang yang sangat kuat. Karakteristik perakaran bambu memungkinkan tanaman ini menjaga sistem hidronologis sebagai pengikat tanah dan air, sehingga dapat digunakan sebagai tanaman konservasi. Rumpun bambu di Tatar Sunda disebut *dapuran awi* juga akan menciptakan iklim mikro di sekitarnya, sedangkan hutan bambu dalam skala luas pada usia yang cukup dapat dikategorikan sebagai satu kesatuan ekosistem yang lengkap. Kondisi hutan bambu memungkinkan mikro organisme dapat berkembang bersama dalam jalinan rantai makanan yang saling bersimbiosis.

Bambu adalah rumput berkayu berbentuk pohon atau perdu. Bambu adalah tanaman yang termasuk ordo *Gramineae*, familia *Bambuseae*. Bambu merupakan tumbuhan berumpun, berakar serabut yang batangnya berbentuk silinder dengan diameter bervariasi mengecil mulai dari ujung bawah sampai ujung atas, berongga, keras dan mempunyai pertumbuhan primer yang sangat cepat tanpa diikuti pertumbuhan sekunder, sehingga tingginya dapat mencapai 40 m. Silinder batang bambu tersebut dipisahkan oleh *nodia*/ruas, yaitu diafragma-diafragma yang arahnya transversal

Berdasarkan pertumbuhannya, bambu dapat dibedakan dalam dua kelompok besar, yaitu bambu *simpodial* dan bambu *monopodial*. Bambu *simpodial* (Gambar 1) tumbuh dalam bentuk rumpun, setiap rhizome hanya akan menghasilkan satu batang bambu, bambu muda tumbuh mengelilingi bambu yang tua. Bambu *simpodial* tumbuh di daerah tropis dan subtropis, sehingga hanya jenis ini saja yang dapat dijumpai di Indonesia. Bambu *monopodial* (Gambar 2.) berkembang dengan rhizome yang menerobos ke berbagai arah di bawah tanah dan muncul ke permukaan tanah sebagai tegakan bambu yang individual.



Gambar 1 Bambu Simpodial



Gambar 2 Bambu Monopodial

Untuk dapat mengambil manfaat suatu bahan secara optimum, maka perlu dipahami sifat fisika dan mekanika bahan tersebut. Sifat fisika yang perlu dipahami antara lain adalah berat jenis, kembang susut, ketahanan terhadap api, sifat akustik, dan sifat isolator/kunduktor terhadap panas. Sifat fisika dan mekanika bahan yang perlu diperhatikan antara lain Modulus Elastisitas E, batas proporsional, batas elastis, kuat tarik, kuat tekan, kuat geser, serta hubungan antara tegangan dan regangan.

Agar suatu bahan dapat dipakai secara optimum, maka sifat fisika dan mekanika bahan itu harus dipahami betul. Tanpa pemahaman sifat-sifat itu, pemakaian bahan dapat berlebihan sehingga dari segi ekonomis akan boros, sedangkan pemakaian dengan ukuran terlalu kecil dapat membahayakan pemakainya. Jika sifat fisika dan mekanika bahan telah dikuasai maka dapat dipikirkan cara memanfaatkan sifat-sifat unggulnya serta mengatasi kelemahannya. Lebih lanjut pemakaian bahan dapat diusahakan lebih optimum, selain itu dapat juga dipikirkan kemungkinan diversifikasi produk.

JENIS-JENIS BAMBU DI INDONESIA

Di Indonesia terdapat lebih dari 13 spesies bambu yang biasa digunakan masyarakat untuk struktur bangunan, seperti yang tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis Bambu di Indonesia

Nama Ilmiah	Nama Lokal
<i>Bambusa Spinosa Bluemeana</i>	Bambu duri, bambu gesing, bambu greng, haur cucuk, pring greng
<i>Bambusa Bambos Cruce</i>	Bambu duri, pring ori
<i>Bambusa Multiplex Raeusech</i>	Awi krisik, bambu cina, pring gendani, pring cendani, bambu pagar
<i>Bambusa Vulgaris Schrad</i>	Bambu tutul, jajang gading, awi koneng
<i>Dendrocalamus Asper (Schult, F) Black ex Heyne</i>	Awi betung, bambu petung, deling peting, jajang betung, pring petung
<i>Gigantochloa Verticillite (Willa) Munro</i>	Andong gombang, awi gombang, awi hideung, bambu hitam, pring wulung, pereng sorat
<i>Gigantochloa Nigrociliata (Bues) Kurz</i>	Bambu lengka tali, awi tela, bambu lengka
<i>Gigantochloa Apus</i>	Awi tali, bambu tali, deling apus, pring tali, pring apus
<i>Gigantochloa Hasskarlina (kurz) Back ex Heyne</i>	Awi lengka tali, awi tela
<i>Phyllostachyus Aurea</i>	Pring unceu, bambu cina
<i>Schizostachyum Blumei Nees</i>	Awi bunar, awi tamiyang, pring wuluh, buluh sumpitan
<i>Schizostachyum Zollingeri (Steud) Kurz</i>	Bambu perling, awi cakeutreauk
<i>Schizostachy Branchycladium Kurz</i>	Awi bulu

Sumber: Departemen Kehutanan, 2005

Dari ketiga belas jenis bambu, tersebut yang mudah ditemui dan aplikasinya di Indonesia sebagai bahan konstruksi paling banyak adalah (Sulthoni, 1988):

- Gigantochloa Apus* (Bambu apus, bambu tali)

Menurut, Morisco (1999), bambu apus dapat tumbuh di dataran rendah maupun pegunungan, dengan tinggi batang 8 – 13 m, jarak ruas 45 – 65 cm, diameter 5 -8 cm dan tebal 3 – 15 mm. Warna kulit batang bambu apus hijau tua sampai hitam. Jenis bambu ini kuat, liat, lurus sehingga baik untuk bahan bangunan. Disamping itu seratnya yang panjang dan kuat akan menghasilkan

- anyaman yang stabil. Karena pahit bambu apus paling tahan terhadap serangga sekalipun tidak diawetkan.
- b. *Dendrocalamus Asper* (Bambu petung)
Bambu ini mempunyai diameter relative besar bila dibandingkan bambu jenis lain. Bila dibandingkan dengan diameternya, maka ruas bambu petung lebih pendek yaitu antara 40 -60 cm, dengan diameter menacapai 20 cm, tebal 10 -15 cm, dan panjang batang 10 - 20 m. Karena itu bambu petung biasa dipakai sebagai elemen tekan (kolom) karena kemampuan menahan tekuk tinggi.
 - c. *Bambusa Spinosa Bluemeana* (Bambu ori)
Sifat bambu ori hampir sama dengan bambu petung, yaitu kuat, keras dan berdiameter besar, dengan jarak ruas pendek-pendek. Bagian luar bambu ori lebih halus dan licin bila dibanding bambu lainnya. Dari hasil penelitian memperlihatkan bambu ori mempunyai kuat tarik yang tertinggi.
 - d. *Gigantochloa Verticillite* (Bambu wulung/hitam)
Bambu wulung mempunyai rumpun yang tidak rapat, dengan warna kulit batang hitam, hijau kehitaman, dan ungu tua, bergaris kuning muda, panjang ruas 40-50 cm, diameter 6-8 cm. Karena sifatnya yang tidak liat (getas), bambu wulung banyak dipakai sebagai bahan kerajinan.

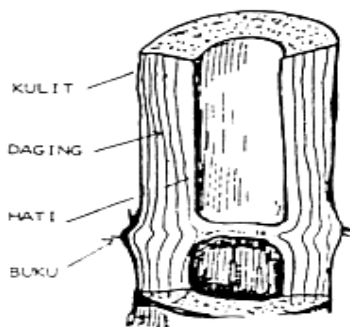
BENTUK BAMBU

Bambu adalah material yang berbentuk tidak prismatis dengan bagian melintang mengecil pada bagian atas, dan mempunyai jarak nodia yang tidak sama sepanjang batang. Hal inilah yang menjadikan bentuk bambu unik dan artistik, namun bentuk demikian membuat aplikasi bambu sebagai struktur sulit dalam perangkainya.

Beberapa hasil penelitian tentang bambu adalah sebagai berikut:

Menurut Morisco, 1999, Bambu mempunyai potongan melintang seperti pada Gambar 3 dengan bagian-bagian sebagai berikut:

- a. Kulit luar
Kulit luar adalah bagian yang paling luar atau paling atas, biasanya berwarna hijau atau hitam. Tebal kulit bambu relative seragam pada sepanjang batang yaitu kurang lebih 1mm, sifatnya keras dan kaku. Maka dari itu bambu yang tipis akan mempunyai porsi kulit besar, sehingga kekuatan rata-ratanya tinggi, sedangkan pada bambu tebal berlaku sebaliknya.
- b. Bambu bagian luar
Bagian ini terletak di bawah kulit atau di antara kulit luar dan bagian tengah. Tebal bagian ini kurang lebih 1 mm, sifatnya keras dan kaku.
- c. Bagian tengah
Bagian tengah terletak dibawah luar atau antara bagian luar dan bagian dalam, disebut juga daging bambu. Tebalnya kurang lebih 2/3 dari tebal bambu, seratnya padat dan elastis. Untuk bagian tengah yang paling bawah sifat seratnya agak kasar
- d. Bagian dalam
Bagian dalam adalah bagian yang paling bawah dari tebal bambu, sering disebut pula hati bambu. Sifat seratnya kaku dan mudah patah.



Gambar 3 Potongan Bambu

Morisco, 1999, Bambu mempunyai ruas dan buku. Pada ruas-ruas ini pula tumbuh akar-akar sehingga pada bambu dimungkinkan untuk memperbanyak tanaman dari potongan-potongan setiap ruasnya, di samping tunas-tunas rimpangnya.

Batang bambu terdiri atas dua bagian yaitu :

a. *Nodia* (ruas/buku bambu)

Nodia adalah bagian terlemah terhadap gaya tarik sejajar sumbu batang dari bambu, karena pada nodia sebagian serat bambu berbelok. Serat yang berbelok ini sebagian menuju sumbu batang, sedang sebagian lain menjauhi sumbu batang, sehingga pada nodia arah gaya tidak lagi sejajar semua serat. Secara umum nodia mempunyai kapasitas memikul bahan yang tidak efektif baik dari segi kekuatan ataupun deformasi. Meskipun demikian adanya nodia pada batang bambu mencegah adanya tekuk lokal yang sangat penting dalam perancangan bambu sebagai elemen tekan atau kolom.

b. *Internodia* (antar ruas)

Internodia adalah daerah antar nodia, semua sel yang terdapat pada internodia mengarah pada sumbu aksial, sedang pada nodia mengarah pada sumbu transversal. Dalam internodia tidak ada elemen-elemen radial,

Tiap-tiap jenis bambu mempunyai jarak internodia yang berbeda-beda. Bagian internodia adalah bagian yang paling kuat dari bambu, sehingga mempunyai kapasitas memikul bahan yang efektif. Internodia sangat berpengaruh pada perancangan bambu sebagai elemen tarik (balok).

Di Universitas Miyazaki, Shigematsu melakukan penelitian dengan 15 macam spesies bambu. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui hubungan antara jarak nodia dengan nomor urut internodia. Hubungan antara kedua variable tersebut dapat digambarkan dengan persamaan 1. Jarak antar nodia merupakan fungsi berderajat dua dari nomor urut nodia. Dari pangkal sampai pada suatu titik di bawah pertengahan bambu jarak antar nodia membesar dan antar nodia berkurang secara terus menerus sampai ke ujung bambu.

$$y = z + bx + cx^2 \quad \dots\dots\dots \text{persamaan (1)}$$

y = panjang internodia dinyatakan dalam % terhadap panjang bambu total,

x = nomor urut nodia dinyatakan dalam % (0% = pangkal, 100 % = ujung)

Penelitian dengan 15 spesies bambu menghasilkan 15 persamaan, namun diambil nilai rata-rata yang disajikan dengan persamaan:

$$\begin{array}{l} \text{Bagian atas:} \quad y = 25,13 + 4,808x - 0,0774x^2 \\ \text{Bagian bawah} \quad y = 178,84 + 2,3927x + 0,0068x^2 \end{array} \quad \dots\dots \text{persamaan (2)}$$

Hubungan antara diameter dan nomor urut nodia yaitu:

$$d = 101,8 e^{-0,232x} \quad \dots\dots\dots \text{persamaan (3)}$$

d = diameter, 100% pada pangkal, mengecil menjadi 0% pada ujung

x = nomor urut internodia, 0% pada pangkal, 100 % pada ujung

Hubungan antara tebal dan nomor urut nodia yaitu:

$$t = 35 + 0,0181 (x-35)^{1,90} \quad \dots\dots\dots \text{persamaan (4)}$$

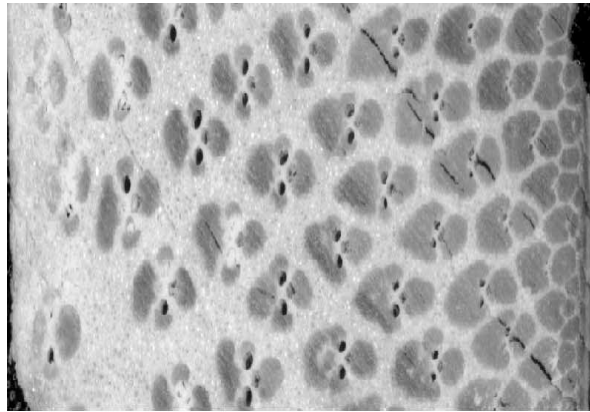
t = indeks tebal, bervariasi antara 50% pada pangkal sampai 50% pada pertengahan

x = nomor urut internodia, 0% pada pangkal, 100 % pada ujung

ANATOMI BAMBU

Struktur bambu pada bagian bukannya dikategorikan menjadi ikatan vaskular yang terletak pada jaringan serabut (Grosser dan Liese 1971). Jaringan serabut terdiri dari dua tipe sel: sel *parenkim* dan ikatan *vaskular*. Sel *parenkim* kebanyakan berupa sel tipis dan berhubungan satu sama lain dengan pori-pori sel. Pori-pori tersebut pada umumnya berada di dinding longitudinal. Dinding horisontal

tersebut pada umumnya kecil berpori-pori. Ukuran ikatan *vascular* lebih lebar pada bagian dalam dan tengah akan tetapi lebih kecil dan padat di bagian luar yang ditunjukkan di Gambar 4.



Gambar 4. Bagian penampang lintang dari kolom/batang bambu (pembesaran10X).

Kolom bambu terdiri atas sekitar 50% *parenkim*, 40% serat dan 10% sel penghubung (pembuluh dan *sieve tubes*). *Parenkim* dan sel penghubung lebih banyak ditemukan pada bagian dalam dari kolom, sedangkan serat lebih banyak ditemukan pada bagian luar. Sedangkan susunan serat pada ruas penghubung antar buku memiliki kecenderungan bertambah besar dari bawah ke atas sementara *parenkimnya* berkurang (liese, 1980).

Pengamatan anatomi batang dari empat jenis bambu *Gigantochloa apus*, *G. pseudoarundinacea*, *G. atrovioleacea* dan *Schiaostachyum blumei* yang berkaitan dengan penggunaannya telah dilakukan. Bahan yang diteliti berupa batang bambu yang berbeda tahap perkembangannya. Perkembangan anatomi ruas batang *Gigantochloa apus* diikuti sebagai pengetahuan dasar untuk memahami stadium perkembangan pada jenis bambu lain. Bahan yang lunak difiksasi dengan FAA (formalin 40%, asam asetat 100%, dan etil alkohol 50%), didehidrasi dengan seri alkohol, diinfiltrasi dan ditanam dalam parafin dan disayat setebal 6-10 mikron dengan menggunakan mikrotom putar, selanjutnya diwarnai dengan hemalum. Bahan keras diproses dengan *polietilen glikol* BM 2000 dan disayat setebal 20-40 mikron dengan menggunakan mikrotom sorong dan selanjutnya diwarnai dengan *acridin crysoidin red* dan *astra blue*. Terhadap bahan juga dilakukan maserasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada stadium awal, ruas bertambah panjang karena adanya aktifitas meristem interkalar yang terdapat pada bagian bawahnya. Pendewasaan ruas berlangsung secara *basipetal*. Penebalan dinding sel serat *sklerenkim* mulai tampak pada saat batang berumur 2 minggu dan pada *parenkim* dasar mulai tampak pada umur 1 bulan. Adanya penebalan berlignin pada dinding sel (terutama sel serat) menyebabkan batang bambu menjadi teguh. Serat batang *G. apus* tidak mudah lepas dari *parenkim* dasar dan batangnya lebih lentur dibanding dengan *G. pseudoarundinacea*, *G. atrovioleacea* dan *S. blumei*. Dari keempat jenis bambu yang diteliti batang *G. pseudoarundinacea* adalah yang paling teguh. Pada ketiga jenis *Gigantochloa* didapatkan lapisan *subepidermis* yang langsung bersambungan dengan *parenkim* dasar, sedangkan pada *S. blumei* lapisan *subepidermis* membentuk cincin melingkari batang, sehingga mudah dibedakan dari *parenkim* dasar. Serat paling panjang didapatkan pada *G. apus* yaitu 3234 ± 140 pm, dan yang paling pendek pada *S. blumei* yaitu 473 ± 56 atm. Pada semua jenis berkas pembuluh yang terdapat pada bagian tepi luar batang tersusun lebih rapat dibandingkan dengan bagian dalam (Tezri Maideliza, 2004)

SIFAT FISIK BAMBU

Sifat fisik dan mekanik merupakan informasi penting guna memberi petunjuk tentang cara pengerjaan maupun sifat barang yang dihasilkan. Pengujian dilakukan pada bambu apus (*Gigantochloa apus* Kurz.) dan bambu hitam (*Gigantochloa nigrocollata* Kurz.). Beberapa hal yang mempengaruhi sifat fisis dan mekanis bambu adalah umur, posisi ketinggian, diameter, tebal daging bambu, posisi beban (pada buku atau ruas), posisi radial dari luar sampai ke bagian dalam, berat jenis dan kadar air bambu (Krisdianto, Ginuk Sumarni dan Agus Ismanto, 2005)

a. Berat Jenis

Berat jenis bambu adalah perbandingan berat bambu terhadap berat suatu volume air yang sama dengan volume bambu tersebut. Berat jenis dan kerapatan bambu menentukan sifat fisika dan mekanikanya. Hal ini disebabkan nilai berat jenis dan kerapatan bambu ditentukan oleh banyaknya zat kayu. Berat jenis bambu berkisar antara 0,5 – 0,9 gr/cm³.

Bambu mempunyai perbandingan kekuatan dan berat yang sangat tinggi sehingga efisien dan efektif untuk digunakan sebagai bangunan (Krisdianto, Ginuk Sumarni dan Agus Ismanto, 2005).

b. Kandungan air

Bambu seperti halnya kayu merupakan zat higroskopis artinya mempunyai afinitas terhadap air, baik dalam bentuk uap atau cairan. Kandungan air pada bambu akan berpengaruh pada kekuatan bambu. Menurut Janssen (1998) kekuatan suatu bahan menurun dengan naiknya kadar air pada bahan tersebut.

Penyerapan dan pengeluaran air yang berulang-ulang biasanya diikuti dengan retak dan pecah pada bambu. Untuk mengatasi keadaan tersebut maka beberapa cara yang perlu diperhatikan diantaranya adalah menyimpan bambu pada ruang yang tidak lembab, lantai kering dan sirkulasi udara lancar. Morisco dan Triwiyono (2000) melakukan penelitian kadar air serta berat jenis bambu petung. Pengukuran kadar air dilakukan sehari setelah pennebangan. Hasil penelitiannya tercantum pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Kadar Air dan Berat Jenis Bambu Petung

Posisi	Nomor	Bambu basah		Bambu Kering Udara	
		Kadar Air %	Berat Jenis	Kadar Air %	Berat Jenis
Pangkal	1	38,610	0,634	5,381	0,646
	2	34,256	0,680	4,390	0,663
	3	35,361	0,603	5,909	0,682
	Rata-rata	36,06	0,639	5,227	0,664
Tengah	1	41,129	0,695	6,250	0,711
	2	36,402	0,701	6,926	0,702
	3	35,965	0,712	6,859	0,769
	Rata-rata	37,832	0,703	6,678	0,727
Ujung	1	38,699	0,754	6,034	0,763
	2	36,078	0,712	8,756	0,697
	3	35,517	0,686	6,818	0,820
	Rata-rata	36,765	0,717	7,203	0,760

Sumber: Morisco dan Triwiyono (2000)

c. Kembang susut

Kembang susut bambu perlu diperhatikan agar struktur bangunan bambu tidak mengalami perubahan bentuk dan penurunan kualitas akibat adanya penyusutan. Adanya perubahan bentuk ini tentunya akan mengurangi nilai fungsi dari sebuah struktur bangunan, misalnya penyusutan pada pintu dan jendela sehingga tidak bisa dibuka, retaknya kaca, dll.

Salah satu penelitian tentang bambu dilakukan oleh Prof. Morisco, penelitian ini didorong oleh kenyataan bahwa kuat tarik bambu sangat tinggi, sedang dalam praktek kekuatan ini belum dimanfaatkan karena belum adanya metoda penyambungan bambu yang dapat menghasilkan sambungan dengan kekuatan yang memadai.

Sifat-sifat mekanik daripada bambu yang meliputi tegangan tarik, tekan, lentur dan modulus elastisitas seperti yang terdapat pada Tabel 3 dan Tabel 4 berikut ini:

Tabel 3. Kuat batas dan tegangan ijin bamboo

Macam tegangan	Kuat batas (kg/cm ²)	Tegangan Ijin (kg/cm ²)
Tarik	981-3920	294,2
Lentur	686-2940	98,07
Tekan	245-981	78,45
E Tarik	98070-294200	196,1 x 10 ³

Sumber: Tular dan Sutidjan, 1961

Tabel 4. Hasil pengujian 3 spesies bambu, *Gigantochloa Apuz Kruz*, *Gigantochloa Verticillata Munro*, dan *Dendracalamus Asper Backer*

Sifat	Kisaran	Jumlah specimen
Kuat tarik	1180 - 2750 kg/cm ²	234
Kuat lentur	785 – 1960 kg/cm ²	234
Kuat tekan	499 – 588 kg/cm ²	234
E tarik	87280 – 313810 kg/cm ²	54
E tekan	55900 – 211820 kg/cm ²	234
Batas regangan tarik	0.0037 – 0.0244 kg/cm ²	54
Berat jenis	0.67 – 0.72 kg/cm ²	132
Kadar lengas	10.04 – 10.81 %	117

Sumber: Siopongco dan Munandar, 1987

Tabel 3. dan Tabel 4 tersebut sekaligus merekomendasikan tegangan ijin yang dapat dipakai untuk berbagai macam bambu. Tentunya tegangan ijin yang direkomendasikan ini cenderung pada sistem yang aman untuk pemakaian berbagai macam bambu. Dengan demikian angka-angka tersebut jika dipakai sebagai dasar dalam perancangan, tentunya akan menghasilkan struktur yang aman (Morisco, 1999).

SIFAT MEKANIK BAMBU

Kuat Tarik Dan Kuat Tekan Bambu

Bambu mempunyai kuat tarik dan kuat tekan yang baik. Kuat tarik yang sama terdapat di sepanjang batang, sedangkan kuat tekannya semakin meningkat sesuai dengan umur bambu tersebut. Terdapat perbedaan dalam menentukan pengujian sifat bambu yang sesuai, dimana setidaknya bambu diuji pada umur tiga tahun, dan pengujian dilakukan pada potongan bambu pada ruasnya dan pada nodialnya. Beberapa penelitian pengujian belum menggunakan parameter ini, sehingga hasil pengujian yang dilakukan tidak dapat dimanfaatkan.

Bambu sangat lemah pada arah radial, sehingga pembebanan tegak lurus atas sumbu batang sedapat mungkin dihindarkan atau ditempatkan pada ruas batang. Pengujian kekuatan bermacam-macam bambu seperti yang ada pada tabel berikut ini, dimana terlihat bahwa kekuatan bambu dengan nodia lebih rendah daripada bambu tanpa nodia seperti yang tercantum pada Tabel 5.

Tabel 5. Kuat tarik rata-rata bambu kering oven

Jenis bamboo	Tanpa Nodia (kg/cm ²)	Dengan Nodia (kg/cm ²)
Ori	2.910	1.280
Petung	1.900	1.160
Htam	1.660	1.470
Legi	2.880	1.260
Tutul	2.160	740
Galah	2.530	1.240
Tali	1.515	552

Sumber: Morisco, 1999

Pengujian sifat mekanik yang ditujukan untuk membedakan kekuatan tarik sejajar sumbu batang dilakukan pada bambu tanpa maupun dengan buku menunjukkan bahwa bambu tanpa buku lebih kuat daripada bambu dengan buku. Hal ini disebabkan karena pada buku ada sebagian serat bambu yang berbelok, dan sebagian lagi tetap lurus. Karena itu buku bambu adalah bagian terlemah terhadap gaya tarik sejajar sumbu batang. Dengan demikian perancangan struktur bambu sebagai batang tarik harus didasarkan pada bagian buku.

Selain itu kekuatan pada bambu juga dipengaruhi oleh posisinya, bagian terkuat dari bambu adalah kulit. Kekuatan kulit ini sangat jauh lebih tinggi daripada kekuatan bambu bagian dalam. Sedangkan kuat tekan bambu semakin meningkat sesuai dengan umur bambu tersebut.

Tabel 6. Kuat tarik dan kuat tekan rata-rata bambu pada berbagai posisi

Jenis bamboo	Bagian	Kuat tarik (kg/cm ²)	Kuat tekan (kg/cm ²)
Petung	Pangkal	2.278	2.769
	Tengah	1.770	4.089
	Ujung	2.080	5.479
Tutul	Pangkal	2.394	5.319
	Tengah	2.917	5.428
	Ujung	4.488	4.639
Galah	Pangkal	1.920	3.266
	Tengah	3.350	3.992
	Ujung	2.324	4.048
Tali	Pangkal	1.442	2.158
	Tengah	1.368	2.880
	Ujung	1.735	3.354
Dendeng	Pangkal	2.214	4.641
	Tengah	2.513	3.609
	Ujung	3.411	3.238

Sumber: Morisco, 1999

Modulus Elastisitas Bambu

Adapun hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Tular dan Sutijan (1961), modulus elastisitas (E) bambu berkisar antara 98.070 – 294.200 kg/cm², tetapi untuk perancangan dipakai E sebesar 294.200 kg/cm².

Kuat Geser

Kuat geser bambu sangat rendah, maka dari itu perancangan bambu sebagai struktur sebagai batang tunggal lebih efektif bila dibandingkan batang ganda. Namun perkembangan teknologi penyambungan bambu seperti yang dilakukan Mardjono dan Morisco telah menjawab masalah ini yaitu dengan membuat sambungan bambu sebagai bahan komposit. Pada Tabel 7 dapat dilihat nilai hasil pengujian sifat fisis dan mekanis terhadap jenis bambu hitam dan bambu apus

Tabel 7. Sifat fisis dan mekanis bambu hitam dan bambu apus

No.	Sifat	Bambu hitam	Bambu Apus
1.	Keteguhan lentur static		
	a. Tegangan pada batas proporsi (kg/cm ²)	447	327
	b. Tegangan pada batas patah (kg/cm ²)	663	546
	c. Modulus elastisitas (kg/cm ²)	99000	101000
	d. Usaha pada batas proporsi (kg/dm ³)	1,2	0,8
	e. Usaha pada batas patah (kg/dm ³)	3,6	3,3
2.	Keteguhan tekan sejajar serat (tegangan maximum, Kg/cm ²)	489	504
3.	Keteguhan geser (kg/cm ²)	61,4	39,5
4.	Keteguhan tarik tegak lurus serat (kg/cm ²)	28,7	28,3
5.	Keteguhan belah (kg/cm ²)	41,4	58,2
6.	Berat Jenis		
	a. KA pada saat pengujian	0,83	0,69
		KA : 28%	KA : 19,11%
	b. KA kering tanur	0,65	0,58
		KA : 17%	KA : 16,42%
7.	Keteguhan pukul		

a. Pada bagian dalam (kg/dm ³)	32,53	45,1
b. Arah tangensial (kg/dm ³)	31,76	31,9
c. Pada bagian luar (kg/dm ³)	17,23	31,5

Sumber : Ginoga (1977)

KESIMPULAN

Dari tulisan di atas dapat disimpulkan bahwa:

1. Kekuatan bambu sangat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan, kesuburan tanah serta lokasi tempat tumbuh. Perancangan struktur harus didasarkan pada kekuatan bambu dengan memperhitungkan faktor aman 4 – 5. Jika diinginkan penghematan dengan faktor aman lebih rendah, maka perlu dilakukan pengujian sampel terlebih dahulu.
2. Nodia pada batang bambu mencegah adanya tekuk lokal yang sangat penting dalam perancangan bambu sebagai elemen tekan.
3. Berat jenis dan kerapatan bambu menentukan sifat fisika dan mekanikanya. Hal ini disebabkan nilai berat jenis dan kerapatan bambu ditentukan oleh banyaknya zat kayu.
4. Bambu mempunyai perbandingan kekuatan dan berat yang sangat tinggi sehingga efisien dan efektif untuk digunakan sebagai bangunan.
5. Kandungan air pada bambu akan berpengaruh pada kekuatan bambu. Kekuatan bambu menurun dengan naiknya kadar air pada bahan tersebut. Kembang susut bambu perlu diperhatikan agar struktur bangunan bambu tidak mengalami perubahan bentuk dan penurunan kualitas akibat adanya penyusutan. Adanya perubahan bentuk ini tentunya akan mengurangi nilai fungsi dari sebuah struktur bangunan.
6. Dari berbagai pengujian bahan di laboratorium, diketahui bahwa bambu mempunyai kekuatan tarik sangat tinggi, mendekati kuat tarik baja struktural. Selain itu bambu berbentuk pipa, sehingga momen lembamnya besar tetapi ringan. Dengan adanya ruas-ruas, maka bahaya tekuk lokal cukup rendah. Ditambah dengan sifat bambu yang ringan dan lentur, maka jika perangkaan batang-batang struktur dilakukan dengan baik akan dapat diperoleh struktur yang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap gempa.
7. Kekuatan pada bambu juga dipengaruhi oleh posisinya, bagian terkuat dari bambu adalah kulit. Kekuatan kulit ini sangat jauh lebih tinggi daripada kekuatan bambu bagian dalam. Sedangkan kuat tekan bambu semakin meningkat sesuai dengan umur bambu tersebut. Kuat geser bambu sangat rendah, maka dari itu perancangan bambu sebagai struktur sebagai batang tunggal lebih efektif bila dibandingkan batang ganda.
8. Jika diinginkan hasil perancangan yang baik, yaitu aman dan ekonomis, maka pengujian kekuatan bahan perlu dilakukan, hasil yang didapat perlu dikombinasikan dengan faktor aman seperlunya.

DAFTAR PUSTAKA

- Building Materials and Technology Promotion Council, 2000, *Bamboo a material for cost effective and disaster resistant housing*, Ministry of Urban Development and Poverty Alleviation, Government of India.
- Danaatmaja, Otjo, 2006, *Bambu, tanaman tradisional yang terlupakan*, Webpage Harian umum PIKIRAN RAKYAT, Bandung.
- Krisdianto; Sumarni, Ginuk; Ismanto, Agus, 2005, *Sari Hasil Penelitian Bambu*, Departemen Kehutanan Republik Indonesia.
- Liese, W, 1980, *Preservation of Bamboo*. In lessard, G & Chouinard, A. *Bamboo Research in Asia*, IDRC, Canada, p. 165-172
- Maideliza, Tezri, 2004, *Anatomi Batang Empat Jenis Bambu Sehubungan Dengan Kegunaannya*, Webpage Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati.
- Morisco, dan Mardjono, F., 1996, *Strenght of Filled Bamboo Joints*. In Rao, I.V.R and Sastry, C.B., *Bamboo, People and The Environment*, INBAR, EBF, Government of The Netherlands, IPGRI, and IDRC, p, 113 – 120.
- Morisco, 2005, *Bambu sebagai bahan bangunan ramah lingkungan*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

- Morisco, F.Mardjono dan T.A.Prayitno. 2005. *Pembuatan balok laminasi kualitas tinggi bambu*. Laporan Hibah Bersaing. UGM. Yogyakarta.
- Prayitno, 2006, *Materi kuliah pada program studi Teknik Sipil*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Sulthoni, A,. 1998, *Suatu Kajian Tentang Pengawetan Bambu Secara Tradisional Untuk Mencegah Serangan Bubuk*. Disertasi Doktor Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.